



Czarny czosnek - czy ten produkt sprawdzi się jako dodatek do serów?

Jacek Słupski^{1*}, Radosława Skoczeń-Słupska¹, Agnieszka Pluta-Kubica², Jacek Domagała²

¹Katedra Technologii Produktów Roślinnych i Higieny Żywnienia,

²Katedra Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych,

Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie

e-mail: jacek.slupski@urk.edu.pl

Wprowadzenie

Czosnek świeży pełni funkcje żywności nutraceutycznej, jako naturalny antybiotyk, ale też chętnie jest wykorzystywany jako przyprawa stosowana w wielu kuchniach świata już od starożytności. Dostarcza on organizmowi wiele cennych składników odżywczych oraz wzmacnia procesy obronne organizmu w walce z bakteriami, grzybami, stanami zapalnymi i nowotworami. Spożycie czosnku ma znaczący wpływ na obniżenie ciśnienia krwi, poziomu cholesterolu i trójglicerydów w surowicy, zapobieganie miażdżycy, hamowanie agregacji płytek krwi, zwiększenie aktywności fibrynolitycznej oraz wspomaganie działania układu sercowo-naczyniowego [13, 59].

Jednak spożycie czosnku w postaci surowej jest ograniczone, konsumenci unikają świeżego czosnku, ze względu na jego charakterystyczny silny zapach i ostry smak, za który odpowiadają organiczne związki siarki. Dlatego też poszukuje się alternatywy dla świeżego czosnku, którą mogą być produkty jego przetwarzania, takie jak czosnek w postaci suszu, proszku, pasty, marynaty, czy nawet kiszony [43].

I tu w ostatnich latach zyskał na popularności czarny czosnek, produkt przetworzony w wysokich temperaturach, o owocowym, słodkim lub słodko-kwaśnym smaku i charakterystycznym zapachu umami, z nutą karmelu, suszonych śliwek czy suszonych grzybów. Czarny czosnek uzyskuje się na drodze fermentacji (starzenia) całych główek czosnku w temperaturze 60-90°C przy wysokiej wilgotności (80-95%) w czasie kilku do nawet 90 dni, w zależności od przeznaczenia produktu. Wysoka temperatura i zachodzące reakcje enzymatyczne i nieenzymatyczne powodują zmiany zawartości organicznych związków siarki, wzrost zawartości polifenoli, melanoidyn, aktywności przeciwutleniającej, polisacharydów, cukrów prostych i kwasów ogółem oraz rozpad fruktooligosacharydów i struktury celulozowej surowca, dzięki czemu zwiększa się dostępność związków bioaktywnych, a gotowy produkt staje się bardziej atrakcyjny sensorycznie [63].



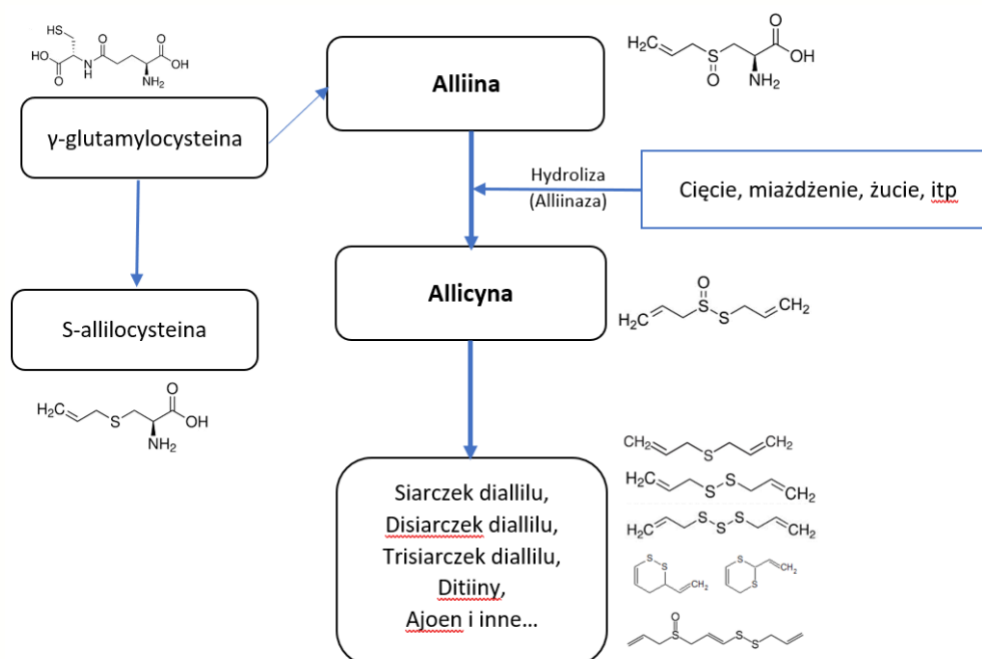
Wartość odżywcza i prozdrowotna świeżego czosnku

Czosnek jest warzywem wyróżniającym się składem chemicznym, a przede wszystkim wartością odżywczą i przyprawową na tle innych warzyw. Ząbki czosnku charakteryzuje wysoka zawartość suchej masy, w granicach 27-40 g/100 g świeżej masy [28, 43, 66, 76]. W 100 g czosnku można znaleźć 20-28 g węglowodanów (głównie inuliny), 3,3 g białka, 0,4 g tłuszczu, 0,51-2,5 g popiołu i 0,9 g błonnika pokarmowego [4, 65]. Ponadto, warzywo to zawiera około 2,3% związków siarkoorganicznych (odpowiedzialnych za ostry smak czosnku), głównie alliiny, oraz 1,2% wolnych aminokwasów [59]. Składniki mineralne w 100 g czosnku to 55 mg potasu, 20-38 mg wapnia, 134 mg fosforu, 1-4-4,2 mg żelaza, 4 mg sodu, 4 mg magnezu i 6-28 mg selenu [58, 66]. Ponadto warzywo to zawiera także inne składniki mineralne, takie jak: mangan, molibden cynk i miedź [52, 66]. Czosnek w formie nieprzetworzonej zawiera również pewne ilości glikozydów steroidowych, lektyn, prostaglandyn, fruktanów, pektyn, olejków eterycznych, ponadto adenozyne, witaminy C, E, witaminy z grupy B (B₁, B₂, B₃, B₆, B₇), kwasy tłuszczowe, polifenole, glikolipidy, fosfolipidy i flawonoidy [6, 18].

Czosnek w medycynie ludowej, ze względu na działanie przeciwbakteryjne, przeciwgrzybowe i przeciwwirusowe, znalazł zastosowanie w leczeniu wielu dolegliwości: przeziębień, kataru i grypy, zapaleń krtani i oskrzeli, astmy, biegunki i niestrawności, chorób oczu, chorób jamy ustnej, cukrzycy, grzybicy stóp, łupieżu, łysienia, miażdżycy, nadciśnienia, obrzęków, odry, ospy wietrznej, padaczki, reumatyzmu, zatruc tytoniem, ołowiem, powiększeń śledziony i wielu innych [55, 68].

Jest źródłem substancji immunostymulujących, powoduje stymulację produkcji przeciwciał. Wykorzystywany jest w zwalczaniu infekcji bakteryjnych oraz wirusowych. Dzięki jego bogatemu składowi i zawartości substancji biologicznie czynnych niszczy bakterie *Helicobacter pylori* (powodujących stany zapalne, następnie wrzody i raka żołądka). Wpływa na zmniejszenie ryzyka wystąpienia nowotworów jelita grubego, prostaty, przełyku, krtani, jamy ustnej, jajników oraz nerek [36, 46]. Ma działanie przeciwzapalne, przeciwmiażdżycowe, hipoglikemiczne oraz zapobiega powstawaniu chorób układu krążenia [30, 38]. Ponadto zabija bakterie *Mycobacterium* (wywołujące gruźlicę). Działa także bakteriobójczo wobec bakterii Gram dodatnich i ujemnych z rodzaju: *Escherichia*, *Salmonella*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Klebsiella*, *Proteus*, *Bacillus* i *Clostridium*, natomiast dzięki zawartości oligosacharydów stymuluje rozwój mikroflory w jelicie grubym, a także bakterii z rodzaju *Lactobacillus* biorących udział w prawidłowym ukiszeniu warzyw np. ogórków [1, 20, 50].

Składniki aktywne czosnku to przede wszystkim glikozyd alliina (0,35-1,15 g/100 g), pochodne alliiny: metyloalliina i propyloalliina, a także flawonoidy, aminokwasy, saponiny, polisacharydy i terpeny [34]. Po uszkodzeniu ząbków czosnku w następstwie krojenia, miażdżenia czy żucia, alliina przekształcana jest do allicyny - najbardziej aktywnego składnika czosnku. Jest ona wysokoaktywna, szybko reaguje z wolnymi grupami tiolowymi, łatwo penetruje błony biologiczne, wnika do wnętrza komórek, ale jest niestabilna i szybko ulega dalszym przemianom np. pod wpływem soków żołądkowych oraz w jelitach, uwalniając siarczki allilu, disiarczki i inne substancje lotne (Rycina 1). Przekształcana jest do glutationu i/lub S-adenozylometioniny i dalej w lotny siarczek allilu metylu wydany z organizmu przez płuca i skórę [56].



Rycina 1. Zmiany chemiczne zachodzące w czosnku po uszkodzeniu np. zmiażdżeniu czy krojeniu [8, 16, 54]

Wykazano, że ekstrakt z czosnku zawierający allicynę hamuje rozwój i dezaktywuje większość patogenów jamy ustnej towarzyszących zapaleniu przyzębia [11]. Jednak powinno się unikać spożycia czosnku w przypadku alergii, stosowania leków rozrzedzających krew, a także po zabiegach operacyjnych, gdyż może wpływać na agregację płytek krwi [45, 68].



Wskazuje się również, iż długotrwałe i nadmierne spożycie czosnku świeżego może prowadzić do dolegliwości żołądkowo-jelitowych, a nawet zmian nekrotycznych nerek i wątroby. Zaleca się więc spożycie nie więcej niż 4-5 g czosnku dziennie (czyli 1-3 ząbków) gdyż większe spożycie prowadzić może do zaburzeń układu pokarmowego [12, 73]. Ponadto, roślina ta spożywana bezpośrednio w postaci surowej (nieprzetworzonej) pozostawia na długo intensywny zapach w jamie ustnej [9]. Te negatywne cechy czosnku przyczyniają się do spadku wielkości spożycia tego warzywa na świecie. Natomiast alternatywę dla tego surowca mogą stanowić preparaty i przetwory czosnkowe charakteryzujące się łagodniejszym smakiem i aromatem oraz czarny czosnek - produkt o nawet większej aktywności biologicznej, pozbawiony w procesie technologicznym tych charakterystycznych cech sensorycznych świeżego czosnku [57, 63].

Czarny czosnek

Czarny czosnek uzyskuje się ze świeżego czosnku w procesie nazywanym fermentacją lub starzeniem (dojrzwianiem) całych główek czosnku, w temperaturze od 40°C do nawet 90°C i wysokiej wilgotności (80-90%) przez 4 do nawet 90 dni. Tradycyjna metoda przetwarzania więc jest dość prosta, ale czasochłonna. Przechowywanie surowca w wysokiej temperaturze uszkadza strukturę komórek, co umożliwia reakcje pomiędzy składnikami czosnku. Przetwarzanie w tych warunkach powoduje częściowe podsuszenie i przez to zwiększenie zawartości większości składników odżywczych. Za tym idą zmiany konsystencji czosnku, która w produkcie gotowym jest miękka i gumowata zależnie od czasu, temperatury i wilgotności w jakiej był fermentowany, oraz obkurczenie ząbków, które łatwo odstają od łuski [17, 37, 62, 69]. Inulina ulega hydrolizie do fruktozy i glukozy. Następuje zmiana barwy ząbków czosnku i zwiększenie kwasowości, które wynikają między innymi z brązowienia nieenzymatycznego, powstania melanoidyny i innych związków polimerowych - produktów reakcji Maillarda [5, 22].

Właściwy kolor części jadalnej produktu, który jest ciemnobrązowy lub czarny i pojawia się tym szybciej im wyższa jest temperatura fermentacji (Rycina 2). Jednak zbyt długa fermentacja w temperaturze powyżej 80°C może powodować powstanie gorzkiego smaku. Proces dojrzewania, redukuje ostry zapach i smak czosnku, nadając mu równocześnie smak słodko-kwaśny, umami, z nutą karmelu, suszonych śliwek i grzybów [47-49]. Z drugiej jednak strony produktem pośrednim reakcji Maillarda i dehydratacji cukrów, w warunkach kwaśnych w żywności poddawanej obróbce termicznej, jest 5-hydroksymetylofurfural (5-HMF) – związek o potencjalnym działaniu rakotwórczym i hepatotoksycznym. Jego zawartość wzrasta wraz ze wzrostem czasu ogrzewania czarnego czosnku. Czynniki mającymi wpływ na tworzenie się 5-HMF są: pH, rodzaj cukrów, temperatura, kationy, aktywność wody itp. [39, 42].



Rycina 2. Świeży czosnek i fermentowany czarny czosnek [fot. Jacek Słupski]

Wartość odżywcza czarnego czosnku i jego właściwości prozdrowotne

Czarny czosnek charakteryzuje się wysoką zawartością składników odżywczych, jednak ich wartość jest znacznie zróżnicowana i zależy między innymi od parametrów procesu technologicznego w jakim był produkowany, pochodzenia i warunków uprawy surowca.

Produkt ten, na skutek odparowania wody, hydrolizy i innych przemian w czasie procesu fermentacji, ma znacznie wyższą zawartość niektórych składników niż czosnek świeży, jak np. suchej masy 41,8-71,1 g/100 g świeżej masy, w tym węglowodanów 35-47 g/100 g (głównie fruktozy), lipidów 0,3-0,7 g/100 g, białka 11,2-12,5 g/100 g produktu [8, 17, 21, 33, 57, 60, 67]. Przetwarzanie czosnku zwiększało o 7-11 razy zawartość kwasów organicznych w porównaniu z surowcem, co wpływa na słodko-kwaśny smak produktu [2, 14, 15, 21, 35].



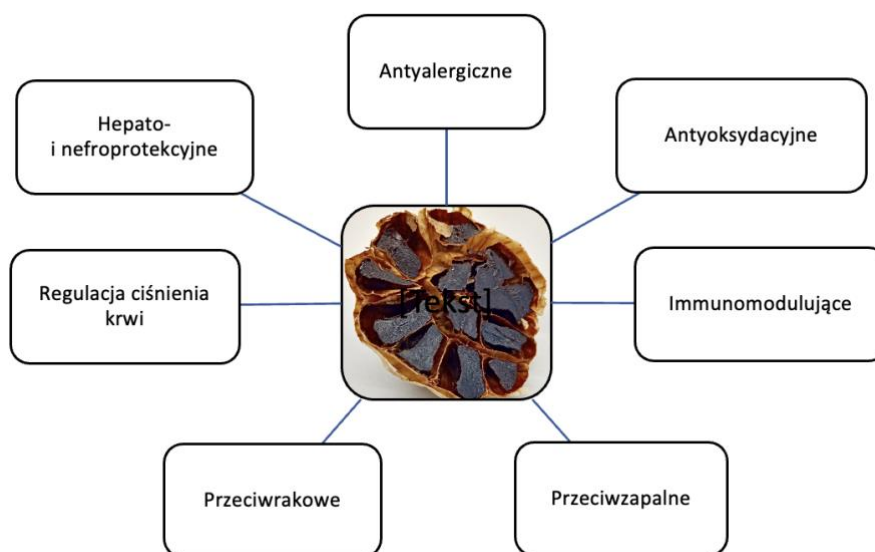
Tabela 1. Porównanie składu chemicznego oraz aktywności przeciwutleniającej świeżego i czarnego czosnku [22, 26, 37, 51, 57, 70, 77,78]

Parametr	Świeży czosnek	Czarny czosnek
Zawartość wody (g/100 g św. m.)	60,3-72,4	29,9-79,4
Tłuszcz ogółem (g/100 g św. m.)	0,07-0,26	0,10-0,43
Błonnik pokarmowy (g/100 g św. m.)	6,32	5,59
Popiół ogółem (g/100 g św. m.)	3,01	3,36
Białko ogółem (g/100 g św. m.)	4,36-10,6	9,1-11,8
pH	6,14-6,80	3,10-4,61
Cukry ogółem (g/100 g św. m.)	2,24-4,50	35,29-49,20
Polifenole ogółem (mg EAG/100 g św. m.)	3,56-13,91	522-583
Aktywność przeciwutleniająca - ABTS (μ M Trolox/g s. m.)	9,3-19,6	11,45-31,5
Produkty reakcji Amadori/Heynsa (mg/100 g św. m.)	0,70	28,1-76,3

Czarny czosnek charakteryzuje się wysoką aktywnością przeciwutleniającą i zawartością polifenoli i flawonoidów, dlatego też przypisuje się mu właściwości antykancerogenne (Rycina 3) [35, 37]. Zawartość polifenoli ogółem w czosnku świeżym waha się w granicach 3,56-13,91 g/100 g świeżej masy, a w czarnym czosnku 936-5585 mg/100 g, w zależności od temperatury i czasu fermentacji [22, 44]. Ekstrakt z czarnego czosnku wykazywał aktywność przeciwnowotworową w stosunku do komórek chłoniaka, komórek raka płuc, prostaty, gruczolaka piersi, gruczolaka żołądka, raka wątroby. Wykazano również przeciwnowotworowe działanie czarnego czosnku w stosunku do komórek nowotworowych jelita grubego [1, 27, 37].

Czarny czosnek wzmacnia układ odpornościowy, łagodzi objawy alergii oraz wykazuje potencjał bakteriobójczy [37, 60, 74].

Charakteryzuje go również wysoka zawartość kwasu γ -aminomasłowego (GABA), który pełni funkcję neurotransmitera w centralnym układzie nerwowym u ludzi. Niedobór tego związku prowadzić może do zaburzeń lękowych, w tym ataków paniki, bólów głowy, choroby Parkinsona, a także powodować epilepsję, bezsenność i depresję [60].



Rycina 3. Wybrane właściwości czarnego czosnku

Z drugiej strony czarny czosnek wykazuje nieco słabsze, w porównaniu do świeżego czosnku, działanie przeciwzapalne, przeciwwrzepowe, przeciwalergiczne i immunomodulujące [30, 31, 35, 41].

Wykorzystanie czarnego czosnku

W krajach azjatyckich, m.in. w Japonii, Korei, czarny czosnek (w postaci całych ząbków) jadany jest jako przekąska. Dzięki charakterystycznym walorom odżywczym, smakowym i zapachowym czarny czosnek zyskuje coraz większą popularność na całym świecie. Jest wykorzystywany w coraz szerszym zakresie, często jako zamiennik zwykłego czosnku [75].

Ze względu na jego konsystencję, smak i zapach, czosnek fermentowany stanowi doskonały dodatek do dań z mięsa, ryb, owoców morza, zup, risotto czy pieczywa, jako zamiennik świeżego czosnku [37,43]. Słodko-kwaśny smak czarnego czosnku został wykorzystany również w produktach takich jak dżemy, galaretki, krakersy, sosy i desery, wyroby z czekolady, a także lody czy cukierki [9, 29, 30, 37, 79]. Produkt ten stanowi także dodatek do różnego rodzaju past warzywnych a nawet napojów energetycznych i nalewek [3, 64, 70, 79]. Na rynku dostępne są też suplementy diety, w postaci kapsułek czy tabletek, których głównym składnikiem jest suszony czarny czosnek [71].



Czarny czosnek znalazł również zastosowanie jako dodatek do produktów mlecznych. Ekstrakt tej rośliny dodany do jogurtu wpłynął istotnie na jego cechy smakowo-zapachowe, aczkolwiek nie na wszystkie korzystnie. Jogurt z dodatkiem ekstraktu charakteryzował się mniej intensywnym mlecznym zapachem i smakiem oraz był bardziej słony, gorzki i wykazywał silniejszy smak umami niż próba kontrolna. Cechował go też zapach kawowy [53]. Opracowano również mleczny napój z dodatkiem ekstraktów: czarnego czosnku, dodawanego w ilości 0,1-20%, i czerwonego żeń-szenia, dodawanego w ilości 0,001-10%, a także sery: mozzarella, cheddar oraz appenzeller wzbogacone powyższymi ekstraktami lub płatkami czarnego czosnku [32]. Mleczny napój objęty ochroną Korea Patent 10-1701809 [24] został poddany analizie sensorycznej, która wykazała, że zastosowane dodatki były równomiernie rozmieszczone. Nie wykazano również specyficznego smaku czarnego czosnku, a produkt charakteryzował się wysoką jakością pod względem cech smakowo-zapachowych. Ogólna pożądalność tego napoju była wysoka [24]. W przypadku serów objętych ochroną Korea Patent 10-1701811 również stwierdzono równomierne rozmieszczenie dodatków, wysokie wyniki oceny wyglądu i barwy oraz bardzo pożądane cechy smakowo-zapachowe [23].

W ramach badań realizowanych w projekcie SUP-RIM podjęto próbę opracowania receptury sera typu fromage z dodatkiem kilku form czarnego czosnku. Zastosowano różne poziomy dodatku siekanych ząbków, pasty czosnkowej oraz proszku, otrzymanego poprzez zmielenie wysuszonych ząbków. Wszystkie zastosowane formy i poziomy dodatku czarnego czosnku spowodowały zwiększenie aktywności przeciwutleniającej serów. Na podstawie instrumentalnej analizy barwy wykazano istotne różnice pomiędzy produktami. Nie miało to jednak wpływu na organoleptyczną ocenę tej cechy. Ocena organoleptyczna konsystencji, zapachu, smaku oraz jakości ogólnej również nie wykazała istotnych różnic pomiędzy badanymi serami. Jakość ogólna wszystkich prób została oceniona pozytywnie. Przeprowadzone badania pozwoliły stwierdzić, że czarny czosnek stanowi bardzo dobry dodatek do serów typu fromage.

Podsumowanie

Czosnek to warzywo o wartości przyprawowej i odżywczej, o znaczących właściwościach funkcjonalnych i farmaceutycznych wynikających przede wszystkim z zawartości związków siarki, takich jak alliina, allicyna i inne związki powstające z ich rozkładu, które wykazują korzystny wpływ na zdrowie człowieka. Właściwości fizykochemiczne czosnku zmieniają się podczas fermentacji/starzenia. Proces ten powoduje wzrost zawartości polifenoli, flawonoidów, pirogronianów, S-allilocysteiny, cukrów prostych i składników mineralnych w czarnym czosnku. Ma on łagodny, słodko-kwaśny smak, galaretowatą konsystencję i ciemnobrązowy lub czarny kolor. Ma silne działanie przeciwutleniające i przeciwnowotworowe, ale niższe działanie przeciwzapalne, przeciwzakrzepowe, przeciwalergiczne i immunomodulujące w porównaniu ze świeżym czosnkiem. Na te różnice i wynikający z nich różny wpływ na funkcjonowanie organizmu należy zwrócić uwagę przy wyborze formy czosnku do przyprawiania potraw.



Literatura

1. Adebisi F.G., Ologhobo A.D., Adejumo I.O. (2017). Efficacy of *Allium sativum* as growth promoter, immune booster and cholesterol-lowering agent on broiler chickens. *Asian Journal of Animal Science*, 11(5), 202-213.
2. Afzaal M., Saeed F., Rasheed R., Hussain M., Aamir M., Hussain S., Mohamed A.A., Mohamed, S.A., Anjum, F.M. (2021). Nutritional, biological, and therapeutic properties of black garlic: a critical review. *International Journal of Food Properties*, 24(1), 1387-1402.
3. Ai T.T., Huong N.T. (2018). Research on the production of black garlic juice. *International Journal of Pharmaceutical Science Invention*, 7(5), 7-14.
4. Akinwande B.A., Olatunde S.J. (2015). Comparative evaluation of the mineral profile and other selected components of onion and garlic. *International Food Research Journal*, 22(1), 332-336.
5. Aktaş I.G., Gökmen V. (2021). Investigations on the formation of α -dicarbonyl compounds and 5-hydroxymethylfurfural in fruit products during storage: new insights into the role of Maillard reaction. *Food Chemistry*. 363, 130280.
6. Amagase H., Petesch B.L., Matsuura H., Kasuga S., Itakura Y. (2001). Intake of garlic and its bioactive components. *The Journal of Nutrition*, 131(3), 955-962.
7. Amor S., González-Hedström D., Martín-Carro B., Inarejos-García A.M., Almodóvar P., Prodanov M., Granado M. (2019). Beneficial effects of an aged black garlic extract in the metabolic and vascular alterations induced by a high fat/sucrose diet in male rats. *Nutrients*, 11(1), 153.
8. Andreo-Martínez P., García-Martínez N., Navarro-González I. (2021). Efectos de la ingesta de ajo negro en el cerebro: Una revisión sistemática. *Revista de Discapacidad, Clínica y Neurociencias*, 8, 1, 1-13.
9. Bae S.E., Cho S.Y., Won Y.D., Lee S.H., Park H.J. (2014). Changes in S-allyl cysteine contents and physicochemical properties of black garlic during heat treatment. *LWT-Food Science and Technology*, 55(1), 397-402.
10. Bagul M., Kakumanu S., Wilson T.A. (2015). Crude garlic extract inhibits cell proliferation and induces cell cycle arrest and apoptosis of cancer cells in vitro. *Journal of Medicinal Food*, 18, 731-737.
11. Bakri I. M., Douglas C. W.I. (2005). Inhibitory effect of garlic extract on oral bacteria. *Archives of Oral Biology*, 50(7), 645-651.
12. Banerjee S.K., Maulik M., Manchanda S.C., Dinda A.K., Das T.K., Maulik S.K. (2001). Garlic-induced alteration in rat liver and kidney morphology and associated changes in endogenous antioxidant status. *Food and Chemical Toxicology*, 39(8), 793-797.
13. Bayan L., Koulivand P.H., Gorji A. (2014). Garlic: a review of potential therapeutic effects. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 4(1), 1.
14. Beato V.M., Orgaz F., Mansilla F., Montaña A. (2011). Changes in phenolic compounds in garlic (*Allium sativum* L.) owing to the cultivar and location of growth. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66, 218-223.



15. Bedrníček J., Laknerová I., Lorenc F., Moraes P.P.D., Jarošová M., Samková E., Tříška J., Vrchotová N., Kadlec J., Smetana P. (2021). The use of a thermal process to produce black garlic: Differences in the physicochemical and sensory characteristics using seven varieties of fresh garlic. *Foods*, 10(11), 2703.
16. Bhatwalkar S.B., Mondal R., Krishna S.B.N., Adam J.K., Govender P., Anupam R. (2021). Antibacterial properties of organosulfur compounds of garlic (*Allium sativum*). *Frontiers in Microbiology*, 12, 613077.
17. Botas J., Fernandes Â., Barros L., Alves M.J., Carvalho A.M., Ferreira I.C.F.R. (2019). A comparative study of black and white *Allium sativum* L.: Nutritional composition and bioactive properties. *Molecules*, 24, 2194.
18. Bozin B., Mimica-Dukic N., Samojlik I., Goran A., Igic R. (2008). Phenolics as antioxidants in garlic (*Allium sativum* L., Alliaceae). *Food Chemistry*, 111(4), 925-929.
19. Chang T.C., Jang H. (2021). Optimization of aging time for improved antioxidant activity and bacteriostatic capacity of fresh and black garlic. *Applied Sciences*, 11, 2377.
20. Chen C., Liu C.H., Cai J., Zhang W., Qi W.L., Wang Z., Liu Z.B., Yang Y. (2018). Broad-spectrum antimicrobial activity, chemical composition and mechanism of action of garlic (*Allium sativum*) extracts. *Food Control*, 86, 117-125.
21. Choi D.J., Lee S.J., Kang M.J., Cho H.S., Sung N.J., Shin J.H. (2008). Physicochemical characteristics of black garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 37, 465-471.
22. Choi I.S.; Cha H.S.; Lee Y.S. (2014). Physicochemical and Antioxidant properties of black garlic. *Molecules* 19, 16811-16823.
23. Chung B.H., Huh J. (2017). Method for preparing red ginseng cheese containing black garlic. Korea Patent 10-1701811.
24. Chung B.H., Huh J. (2017). Red ginseng milk beverage containing black garlic and method for preparing thereof. Korea Patent 10-1701809.
25. Cicero A.F., Borghi C. (2013). Evidence of clinically relevant efficacy for dietary supplements and nutraceuticals. *Current Hypertension Reports*, 15(3), 260-267.
26. Ciuba M., Dziadek K., Kukielka E., Oczkowicz J., Piątkowska E., Leszczyńska T., Dyduch J., Najda A., Sawicka A., Guleac E. (2013). Możliwości uprawy czosnku pospolitego (*Allium sativum* L.) na zbiór wczesny w świetle badań krajowych. *Episteme*, 21, 211-225.
27. Dong M., Yang G., Liu H., Liu X., Lin S., Sun D., Wang Y. (2014). Aged black garlic extract inhibits HT29 colon cancer cell growth via the PI3K/Akt signaling pathway. *Biomedical Reports*, 2, 250-254.
28. Fernandez S.P., González R.E. (2025). Nutritional quality, bioactive compounds, and antioxidant activity of nine clones of fresh garlic and its black garlic derivative: a comparative study. In *Biology and Life Sciences Forum* 40, 1, 29.
29. Herlina H., Vionita R.R., Sulistiyani S., Nurhayati N., Lindriati T. (2022). Sauce product development with black garlic addition as a flavour enhancer and antioxidant. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 11(1), 31-39.



30. Jeong Y.Y., Ryu J.H., Shin J.H., Kang M.J., Kang J.R., Han J., Kang D. (2016). Comparison of anti-oxidant and anti-inflammatory effects between fresh and aged black garlic extracts. *Molecules*, 21(4), 430.
31. Jung I.C., Sohn H.Y. (2014). Antioxidation, antimicrobial and antithrombosis activities of aged black garlic (*Allium sativum* L.). *Microbiology and Biotechnology Letters*, 42(3), 285-292.
32. Jung J., Lee N.K., Paik H.D. (2017). Bioconversion, health benefits, and application of ginseng and red ginseng in dairy products. *Food Science and Biotechnology* 26(5), 1155-1168.
33. Kang O.J. (2016). Physicochemical characteristics of black garlic after different thermal processing steps. *Preventive Nutrition and Food Science*, 21(4), 348.
34. Karasiewicz M. (2012). Analiza wpływu surowców roślinnych na poziom ekspansji wysoce konserwatywnych izoenzymów cytochromu P-450 CYP1A2 i CYP2E1 u szczurów. Uniwersytet Medyczny im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu. <https://www.wbc.poznan.pl/dlibra/publication/308306/edition/252407?language=pl>.
35. Kim J.H., Nam S.H., Rico C.W., Kang M.Y. (2012). A comparative study on the antioxidative and anti-allergic activities of fresh and aged black garlic extracts. *International Journal of Food Science and Technology*, 47 (6), 1176-1182.
36. Kim J.Y., Kwon O. (2009), Garlic intake and cancer risk: an analysis using the Food and Drug Administration's evidence-based review system for the scientific evaluation of health claims. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 89(1), 257-264.
37. Kimura S., Tung Y.C. Pan M.H., Su N.W., Lai Y.J., Cheng K.C. (2017). Black garlic: a critical review of its production, bioactivity, and application. *Journal of Food and Drug Analysis*, 25, 62-70.
38. Kwiecień M., Winiarska-Mieczan A. (2011). Czosnek jako zioło kształtujące właściwości prozdrowotne. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 92(4), 810-812.
39. Lee C.H., Chen Y.T., Hsieh H.J., Che, K.T., Chen Y.A., Wu J.T., Tsai M.S., Lin J.A., Hsieh, C.W. (2020). Exploring epigallocatechin gallate impregnation to inhibit 5-hydroxymethylfurfural formation and the effect on antioxidant ability of black garlic. *LWT- Food Science and Technology*, 117, 108628.
40. Lestari S.R., Rifai M. (2019). The effect of single-bulb garlic oil extract toward the hematology and histopathology of the liver and kidney in mice. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 55, e18027.
41. Li M., Yan Y., Yu Q.T., Deng Y., Wu D.T., Wang Y., Zhao J. (2017). Comparison of immunomodulatory effects of fresh garlic and black garlic polysaccharides on RAW 264.7 macrophages. *Journal of Food Science*, 82(3), 765-771.
42. Ma S., Shi Z., Yang Y., Zhang J., Zou H., Diao E., Zhang L. (2025). 5-hydroxymethyl-2-furfural and acrylamide formations in black garlic during aging period and their correlations with browning degree. *Journal of Food Science and Technology*, 1-8.



43. Maietti A., Marchetti N., Baraldo N., Fontan, R., Tedeschi P. (2025). Black garlic powder as an ingredient to enhance the functional and sensorial properties of bread and its shelf life. *Applied Sciences*, 15(9), 5174.
44. Medina M.Á.T., Pérez-Aparicio J., Moreno-Ortega A., Moreno-Rojas R. (2019). Influence of variety and storage time of fresh garlic on the physicochemical and antioxidant properties of black garlic. *Foods*, 8, 314.
45. Muszyńska B. (2014). Czosnek - *Allium sativum*. Właściwości prozdrowotne. Wydawnictwo ZOZ, Ośrodka UMEA SHINODA-KURACEJO, Kraków.
46. Myneni A.A., Chang S.C., Niu R., Liu L., Swanson M.K., Li J., Li S.J., Giovino G.A., Yu S., Zhang Z.F., Mu L. (2016). Raw garlic consumption and lung cancer in a Chinese population. *Cancer Epidemiology and Prevention Biomarkers*, 25(4), 624-633.
47. Najman K., Sadowska A., Hallmann E. (2020). Influence of thermal processing on the bioactive, antioxidant, and physicochemical properties of conventional and organic agriculture black garlic (*Allium sativum* L.). *Applied Sciences*, 10(23), 8638.
48. Najman K., Sadowska A., Hallmann E. (2021). Evaluation of bioactive and physicochemical properties of white and black garlic (*Allium sativum* L.) from conventional and organic cultivation. *Applied Sciences*, 11 (2), 1-23.
49. Nakagawa K., Maeda H., Yamaya Y., Tonosaki Y. (2020). Maillard reaction intermediates and related phytochemicals in black garlic determined by EPR and HPLC analyses. *Molecules*, 25 (19).
50. Nakamoto M., Kunimura K., Suzuki J.I., Kodera Y. (2020). Antimicrobial properties of hydrophobic compounds in garlic: Allicin, vinyl dithiin, ajoene and diallyl polysulfides. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 19(2), 1550-1553.
51. Nassur R.D.C.M.R., Boas E.V.D.B., Resende F.V. (2017). Black garlic: Transformation effects, characterization and consumer purchase intention. *Comunicata Scientiae*, 8(3), 444-451.
52. Odebunmi E.O., Oluwaniyi O.O., Bashiru M.O. (2009). Comparative proximate analysis of some food condiments. *Journal of Applied Sciences Research*, 6(3), 272-274.
53. Priadi G., Setiyoningrum F., Afati F., Millatina N.R.N. (2023). Application method of check all that apply on sensory evaluation of black garlic supplemented yogurt. *International Conference on Food Science and Engineering*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 1200 (2023) 012042.
54. Reyes B.A., Dufourt E.C., Ross J., Warner M.J., Tanquilut N.C., Leung A.B. (2018). Selected phyto and marine bioactive compounds: Alternatives for the treatment of type 2 diabetes. *Studies in Natural Products Chemistry*, 55, 111-143.
55. Rodak-Śniecińska A. (2010). Magiczny świat czosnku. Wyd. Baobab, Warszawa.
56. Rosen R.T., Hiserodt R.D., Fukuda E.K., Ruiz R.J., Zhou Z., Lech J., Rosen S.L., Hartman T.G. (2000). The determination of metabolites of garlic preparations in breath and human plasma. *Biofactors*, 13(1-4), 241-249.



57. Ryu J.H., Kang D. (2017). Physicochemical properties, biological activity, health benefits, and general limitations of aged black garlic: A review. *Molecules*, 22(6), 919.
58. Sajid M., Butt M.S., Shehzad A., Saira Tanweer S.T. (2014). Chemical and mineral analysis of garlic: a golden herb. *Pakistan Journal of Food Sciences*, 24(2), 108-110.
59. Santhosha S.G., Jamuna P., Prabhavathi S.N. (2013). Bioactive components of garlic and their physiological role in health maintenance: A review. *Food Bioscience*, 3, 59-74.
60. Sasaki J.I. (2015). Overview of the black garlic movement in the fields of research and marketing. *Journal of Life Sciences*, 9, 65-74.
61. Sasaki J.I., Lu C.; Machiya E., Tanahashi M., Hamada K. (2007). Processed black garlic (*Allium sativum*) extracts enhance anti-tumor potency against mouse tumors. *Medicinal and Aromatic Journal of Plant Science and Biotechnology*, 1, 271-281.
62. Sasmaz H.K., Sevindik O., Kadiroglu P., Adal E., Erkin O.C., Selli S., Kelebek H. (2022). Comparative assessment of quality parameters and bioactive compounds of white and black garlic. *European Food Research and Technology*, 248, 2393-2407.
63. Słupski J., Tomf-Sarna A., Venugopal K. Skoczeń-Słupska R. (2020), Czarny czosnek - produkt o łagodnym smaku. W: Kowalski S., Zięć G., Drożdż I. *Żywność a oczekiwania współczesnego konsumenta*. Kraków, Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego im Hugona Kołłątaja w Krakowie, 142-154.
64. Słupski J., Zając M., Bernaś E., Skoczylas Ł., Skoczeń-Słupska R. (2018), Modelling of fiber content in vegetarian pastes by using various vegetables. W: *Proceedings of the 14th International Conference on Polysaccharides - Glycoscience: 7-9 November Prague, Czech Republic / Řápková Radmila, Hinková Andrea Čopíková Jana, Šárka Evžen, Czech Chemical Society*.
65. Son O., Seo B.I., Lee S.H., Park S.J. (2014). The Study of DNA markers to identify of *Allium sativum* L. *The Korea Journal of Herbology*, 29(1), 27-33.
66. Souci S. W., Fachmann W., Kraut H. (2020). *Food composition and nutrition tables*. Medpharm GmbH Scientific Publishers, Stuttgart.
67. Sun Y.E., Wang W. (2018). Changes in nutritional and bio-functional compounds and antioxidant capacity during black garlic processing. *Journal of Food Science and Technology*, 55(2), 479-488.
68. Tadeusiewicz J., Krysztofiak A., Olas B. (2014). Czosnek - panaceum na choroby układu krążenia? *Kosmos*, 63(1), 37-44.
69. Tahir Z., Saeed F., Nosheen F., Ahmed A., Anjum F. (2022). Comparative study of nutritional properties and antioxidant activity of raw and fermented (black) garlic. *International Journal of Food Properties*, 25, 116-127.
70. Tomf-Sarna A., Słupski J., Zegartowska P., Skoczeń-Słupska R., Stojak M. (2018). Wpływ odmiany na zawartość polifenoli i aktywność przeciwutleniającą czarnego czosnku. W: Piotrowska-Puchała A., Bogusz M., Wojcieszak M., Rachwał P. (Red.), *Poszerzamy horyzonty, Tom 6, Monografia* (166-174). Mateusz Weiland Network Solutions, Słupsk.



71. Tran G.B., Pham T.V., Trinh N.N. (2019). Black garlic and its therapeutic benefits. In Studies on Garlic. IntechOpen. <https://www.intechopen.com/books/medicinal-plants-use-in-prevention-and-treatment-of-diseases/black-garlic-and-its-therapeutic-benefits>.
72. Tsai Ch., Chen H., Sheen L., Lii Ch. (2012). Garlic: Health benefits and actions. BioMedicine, 2, 17-29.
73. Vlachojannis C., Chrubasik-Hausmann S., Hellwi, E., Vach K., Al-Ahmad A. (2018). Activity of preparations from Spilanthes oleracea, propolis, Nigella sativa, and black garlic on different microorganisms involved in oral diseases and on total human salivary bacteria: a pilot study. Phytotherapy Research, 32(10), 1992-2001.
74. Wang D., Feng Y., Liu J., Yan J., Wang M., Sasaki J.I., Lu C. (2010). Black garlic (Allium sativum) extracts enhance the immune system. Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology, 4(1), 37-40.
75. Xiong F., Dai C.H., Hou F.R., Zhu P.P., He R.H., Ma H.L. (2018). Study on the Ageing Method and Antioxidant Activity of Black Garlic Residues. Czech Journal of Food Sciences, 36(1).
76. Yu S., Huang X., Xu F., Ren Y., Dai C., Tian X., Wang I., Zhang X. (2025). Production monitoring and quality characterization of black garlic using Vis-NIR hyperspectral imaging integrated with chemometrics strategies. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 326, 125182.
77. Yuan H., Sun L., Chen M., Wang J. (2016). The comparison of the contents of sugar, Amadori, and Heyns compounds in fresh and black garlic. Journal of Food Science, 81(7), C1662-C1668.
78. Zhang X., Li N., Lu X., Liu P., Qiao X. (2016). Effects of temperature on the quality of black garlic. Journal of the Science of Food and Agriculture, 96(7), 2366-2372.
79. Zou Y., Zhao M., Yang K., Lin L., Wang W. (2017). Enrichment of antioxidants in black garlic juice using microporous resins and their protective effects on oxidation-damaged human erythrocytes. Journal of Chromatography B, 3-39.